

Lapped Transform을 이용한 효율적인 분산 동영상 부호화 시스템 및 성능해석

준회원 강수경*, 종신회원 이창우*^o

Efficient Distributed Video Coding System and Performance Analysis Using Lapped Transform

Soo-kyung Kang* Associate Member, Chang-woo Lee*^o Lifelong Member

요 약

동영상 신호의 각 프레임 간의 상관성을 복호기에서 이용하여 부호기의 복잡도를 줄이는 분산 동영상 부호화(distributed video coding : DVC) 시스템이 제안되었다. DVC 시스템에서는 부호기에서 블록 단위의 움직임 추정 및 보상을 수행하지 않기 때문에 블록 단위의 변환기법인 DCT(discrete cosine transform)를 대신해서 부호화 이득이 큰 중첩된 블록 단위의 변환인 lapped transform의 적용이 가능하다. 본 논문에서는 lapped transform을 사용한 효율적인 DVC 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템의 성능을 높이기 위하여 복호기에서 중첩된 블록을 사용하는 OBMCI(overlapped block motion compensated interpolation)를 사용하여 부가 정보를 생성하고 적절한 상관잡음 모델링을 사용하여 전체 부호화 성능을 향상시킨다. 표준 동영상을 사용하여 모의 실험을 하고 제안하는 시스템의 성능을 기존의 DVC 부호화 시스템과 비교한 결과 우수한 PSNR 성능과 저전송률에서 블록 현상이 크게 감소하는 것을 확인하였다.

Key Words : Distributed video coding, Lapped transform, Wyner-Ziv frame, Overlapped block, Motion compensated interpolation.

ABSTRACT

Distributed video coding (DVC) system has been proposed to reduce encoder complexity by using the correlation of frames in decoders. Since the block based motion estimation operation is not performed in the encoder of DVC system, lapped transforms, in which adjacent two blocks are transformed into one block, can be efficiently used in the DVC system. In this paper, an efficient DVC system using lapped transforms is proposed. The overlapped block motion compensated interpolation is used to produce side information, and the corresponding correlation noise between original Wyner-Ziv frame and side information is modeled. Extensive computer simulations show that the proposed DVC system outperforms conventional DVC systems.

1. 서 론

기존의 동영상 부호화 표준인인 MPEG 또는 H.26x의 부호기는 복호기에 비해서 복잡한 구조를 갖

는다. 다중 동영상 부호기가 사용되는 저전력 무선 감시 카메라와 이동형 방송국 등의 간단한 구조의 부호기가 요구되는 응용 분야를 위하여 DVC 시스템이 제안되었다^[1]. DVC 시스템은 부호기에서 정보를 각각

* 이 논문은 2011년도 정부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2011-0005202)

* 가톨릭대학교 정보통신전자공학과(osguli@naver.com, changwoo@catholic.ac.kr), (° : 교신저자)

논문번호 : KICS2011-07-281, 접수 일자 : 2011년 7월 5일, 최종논문접수일자 : 2011년 9월 5일

독립적으로 전송하였을 때, 복호기에서 수신한 정보들의 상관성을 이용하여 효율적으로 복호가 가능함을 입증한 Slepian-Wolf 이론과 Wyner-Ziv 이론을 이용하여 구현되었다^[2]. DVC 시스템은 독립적으로 전송되어진 프레임간의 상관성을 이용하여 복호기에서 움직임 보상 보간 기법을 이용하여 부가 정보(side information : SI)를 생성하고 부호기에서는 parity 비트만을 전송하여 부가 정보로부터 원 프레임을 복원한다. 기존의 동영상 부호화기법에서는 움직임 추정을 부호기에서 수행함으로써 부호기의 복잡도가 높았던 것에 비해서 DVC 시스템은 움직임 추정 연산을 복호기에서 수행함으로써 부호기의 복잡도를 크게 줄인다.

기존 동영상 부호화 시스템은 변환기법으로 주로 DCT를 사용한다. DCT는 블록 단위의 움직임 추정 및 보상 후의 차분 신호에 적용하기 용이하고 우수한 부호화 성능을 보이는 장점이 있어 많이 이용되어 왔다. 그러나 DCT는 블록 기반의 기법이기 때문에 양자화를 거친 후 복원한 영상에서 블록 현상이 발생할 수 있다. 부호화 이득이 우수하고 블록 현상을 줄이는 lapped transform이 제안되었다^[3]. Lapped transform은 인접한 두 블록을 겹쳐서 변환하여 DCT 변환에 비해서 부호화 이득이 높고 저전송률에서 블록 현상이 크게 감소하는 장점이 있다. 그러나 lapped transform은 우수한 부호화 성능을 보임에도 불구하고 움직임 보상 후의 블록 단위의 차분 신호에 적용하기 어려운 단점 때문에 기존의 동영상 부호화 시스템에서는 잘 사용되지 않았다. 그러나 DVC 시스템에서는 부호기에서 움직임 추정 및 보상을 수행하지 않기 때문에 블록 단위의 차분 신호가 존재하지 않으므로 lapped transform이 효율적으로 적용될 수 있다. 기존의 DVC 시스템의 부가 정보는 블록 단위로 움직임 추정 및 보상 보간이 이루어진다. 그렇기 때문에 생성된 부가 정보에 블록 현상이 발생할 수 있다는 단점이 있다. 이를 보완하기 위해서 제안된 기법이 움직임 추정 및 보상 보간시에 중첩된 블록을 이용하는 OBMCI (overlapped block motion compensated interpolation) 이다^[4]. 블록 단위로 움직임 벡터를 추정할 때 해당하는 블록뿐만 아니라 인접한 블록들의 값을 함께 이용함으로써 블록 현상을 줄일 수 있다.

본 논문은 lapped transform을 사용한 DVC 시스템을 제안한다. 부호화 이득이 높은 lapped transform을 변환 기법으로 사용하여 에너지 압축률을 높이고 부호기에서 복호기로 전송하는 parity 비트 정보량을 줄일 수 있다. 또한 부가 정보 생성을 위해서 OBMCI 기법을 사용하였다. OBMCI 기법은 lapped transform

과 마찬가지로 중첩된 블록단위의 연산으로 lapped transform과 같은 블록 크기와 겹침 특성을 갖는 움직임 추정 및 보상 보간 기법을 사용함으로써 lapped transform의 성능을 극대화시킬 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 DVC 시스템을 설명하고, 3장에서는 제안하는 DVC 시스템을 설명한다. 4장에서는 표준 동영상을 이용한 모의 실험을 통해서 제안하는 시스템의 성능을 기존의 DVC 시스템과 비교하여 평가하고 5장에서 결론을 맺는다.

II. DVC 시스템

DVC 시스템은 부호기에서 프레임간의 상관성을 이용하여 부호화 하지 않으므로 그림 1에서 보는 바와 같이 Wyner-Ziv 프레임과 key 프레임을 구분하여 각기 다른 방식으로 부호화한다. 이는 각 프레임을 각각 독립적으로 부호화하여 전송하고 복호기에서 두 프레임의 상관성을 이용하여 복호화할 수 있다는 Slepian-Wolf 이론 및 Wyner-Ziv 이론에 근거한 것이다. Key 프레임은 기존의 intra frame 부호화 기법을 사용하여 부호화한 후 전송하고 Wyner-Ziv 프레임은 먼저 변환영역으로 변환하여 양자화 과정을 거친 후 터보 부호기를 거쳐서 각 bitplane 별로 parity 정보를 생성하여 이 정보만을 DVC 시스템의 복호기로 전송한다.

DVC 시스템의 복호기는 제일 먼저 key 프레임들의 상관성을 이용하여 움직임 추정 및 보상 보간 (motion compensated interpolation : MCI) 기법으로 부가 정보를 생성한다. 이때 생성한 부가 정보의 정확성이 DVC 시스템의 성능에 큰 영향을 미친다. MCI 기법으로는 순방향 움직임 추정 및 보상 보간 방식과 양방향 움직임 추정 및 보상 보간 방식이 대표적인데,

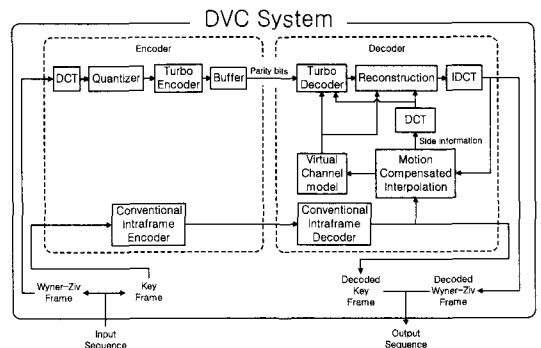


그림 1. DVC 시스템

가장 많이 사용되는 MCI 기법은 그림 2에 도시한 양방향 움직임 추정 및 보상 보간방식이다⁵⁾.

양방향 움직임 추정 및 보상 보간 기법은 과거, 미래 key 프레임의 검색영역 안에서 현재 블록 B의 움직임을 추정할 때 블록 B를 중심으로 과거, 미래 key 프레임에서 양방향으로 대응하는 블록을 찾는 방식이다. 그림 2의 f_{n-1} 과 f_{n+1} 은 각각 과거 key 프레임, 미래 key 프레임을 나타낸다. 양방향으로 움직여 가며 대응하는 블록의 SAD(sum absolute difference)가 가장 작은 위치를 움직임 벡터로 찾는다.

$$SAD = \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{M-1} |f_{n+1}(i, j) - f_{n-1}(i, j)| \quad (1)$$

움직임 보상 보간시에는 움직임 추정에서 찾은 움직임 벡터를 적용하여 과거, 미래 key 프레임의 값을 모두 이용하여 식 (2)와 같이 현재 프레임 값을 구한다.

$$f_n(x, y) = \frac{f_{n-1}(x - v_x/2, y - v_y/2) + f_{n+1}(x + v_x/2, y + v_y/2)}{2} \quad (2)$$

식 (2)의 x, y 는 움직임 보상하는 현재 프레임의 픽셀 위치를 나타내고 v_x, v_y 는 움직임 추정에서 찾은 움직임 벡터를 의미한다.

MCI 기법으로 생성한 부가 정보는 원 Wyner-Ziv 프레임과 완벽히 일치하지는 않는다. MCI 기법으로 생성한 부가 정보는 원 Wyner-Ziv 프레임에 잡음이 있는 상태로 볼 수 있는데 이때의 잡음을 가상 채널 잡음(virtual channel noise)이라 하고 이를 모델링한 것을 상관 채널 모델(correlation channel model)이라고 한다. 가상 채널 잡음이 적을수록 필요한 parity 비트의 수가 줄어들어서 시스템의 성능이 좋아진다. 가상 채널 잡음은 라플라시안(Laplacian) 분포를 따르는데¹¹⁾, 식 (3)은 Wyner-Ziv 프레임과 부가 정보의 차분 값의 확률 밀도가 라플라시안 분포를 보임을 나타낸다.

$$p[WZ(x, y) - SI(x, y)] = \frac{\alpha}{2} \exp[-\alpha |WZ(x, y) - SI(x, y)|] \quad (3)$$

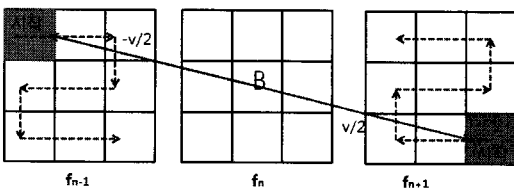


그림 2. 양방향 움직임 추정 및 보상 보간 방식

식 (3)은 turbo 부호의 복호에 이용되는데 α 값을 구하기 위해서는 DVC 시스템의 복호기에서 Wyner-Ziv 프레임을 알아야 한다. 그러나 DVC 시스템의 복호기에서는 원 Wyner-Ziv 프레임을 모르기 때문에 가상 채널 잡음을 측정하기 위한 상관 잡음 모델링이 필요하다⁶⁾. 원 Wyner-Ziv 프레임을 알고 있다고 가정할 경우(offline)와 원 Wyner-Ziv 프레임을 복호기에서 알지 못하여 상관 잡음을 추정할 경우(online)에 대해서 각각 나눠 정의할 수 있다. 먼저 offline의 경우 식 (4)과 같이 차분 값을 구한 후 DCT로 변환한 뒤 그 값을 식 (5)의 밴드별, 혹은 식 (6)의 계수별로 α 값을 구할 수 있다¹¹⁾.

$$T(x, y) = DCT(WZ(x, y) - SI(x, y)) \quad (4)$$

$$\alpha_b = \sqrt{\frac{2}{\sigma_b^2}}, \quad \sigma_b^2 = E_b[T_b^2] - (E_b[T_b])^2 \quad (5)$$

$$\alpha(x, y) = \begin{cases} \sqrt{2} & |T(x, y)| \leq 1 \\ \sqrt{\frac{2}{[T(x, y)]^2}} & |T(x, y)| > 1 \end{cases} \quad (6)$$

계수별로 α 값을 구한 경우가 밴드별로 구하였을 때 보다 좋은 상관 잡음 모델링이 된다. 식 (6)의 첫 번째 식은 변환된 값이 문턱 값 1보다 작을 경우이다. 변환된 값이 1보다 작다는 것은 잡음이 없거나 극소인 경우이다. 이러한 경우 식 (5)를 그대로 적용하게 되면 1보다 작은 값의 제곱을 구하기 때문에 0에 가까워지므로 오버플로우(overflow)가 발생한다. 이러한 오버플로우를 방지하기 위하여 계수단계에서는 문턱 값을 두고 α 값을 구한다. Online의 경우에는 원 Wyner-Ziv 프레임을 알지 못하므로 식 (7)과 같이 MCI 기법으로 움직임 보상 및 보간 시에 찾은 움직임 벡터를 적용하여 생성한 값으로 Wyner-Ziv 프레임과 부가 정보간의 차이를 DCT 변환한 값을 추정할 수 있다.

$$T(x, y) = \frac{DCT(X_F(x + dx_f, y + dy_f) - X_B(x + dx_b, y + dy_b))}{2} \quad (7)$$

식 (7)의 X_F 는 순방향 움직임 추정 및 보상 보간한 값이고 X_B 는 역방향 움직임 추정 및 보상 보간한 값이다. Online의 경우에 offline경우와 같이 밴드별, 계수별로 α 값을 구하여 상관 잡음 모델링을 수행할 수 있다.

III. 제안하는 DVC 시스템

본 논문에서는 DCT 대신에 lapped transform을 사용하고 OBMCI로 움직임 보상 보간을 하는 DVC 시스템을 제안한다. 기존의 동영상 부호화 시스템에서는 움직임 추정 및 보상 후에 차분 신호를 DCT를 이용하여 변환하고 부호화 하는 방법을 사용한다. Lapped transform은 두 블록을 겹쳐서 변환함으로써 블록 단위의 변환인 DCT보다 높은 부호화 이득을 얻는다⁷⁾. 그림 3은 블록 크기 M이 8일 경우의 lapped transform의 블록도이다. 중첩된 블록의 변환인 lapped transform에 이용되는 블록의 실제 크기는 기본 블록 크기의 두 배인 16이 된다. 입력 블록을 DCT와 한 번의 버터플라이(butterfly)를 거친 후 기억소자에 저장 후, 다음 블록의 변환 시에 이용하므로 중첩된 블록의 변환이 가능해진다.

기존의 동영상 부호화 시스템에서는 부호기에서 블록 단위의 움직임 추정을 수행하여 차분 값을 블록 단위의 DCT를 수행한 후 변환 계수만을 양자화하여 전송하므로 중첩된 블록 단위의 변환 기법인 lapped transform을 적용하기 어렵다. 그러나 DVC 시스템에서는 부호기의 복잡도를 줄이기 위하여 기존의 동영상 부호화 시스템의 부호기에서 실행하던 움직임 추정을 복호기에서 수행하므로 부호화 이득이 높은 lapped transform을 DCT 대신 사용하면 DVC 시스템의 부호화 이득을 높일 수 있다.

Lapped transform은 원래 블록의 두 배 크기의 블록을 변환하기 때문에 영상의 최외각 부분의 확장이 불가피하다. 외곽을 확장할 때에는 그림 4에 도시한 lapped transform의 basis의 특성을 이용한다. 그림 4의 basis중에서 홀수 번째는 대칭적(symmetric)이고 짝수 번째는 비대칭적(asymmetric)이다. 영상 외각의 값을 대칭적으로 확장하고 basis의 특성을 이용하면 영상의 경계부근의 확장으로 인한 손실을 없앨 수 있다.

Lapped transform은 그림 3에서 보는 바와 같이 DCT에 비해서 그 구조가 복잡하다. 이를 보완하기 위

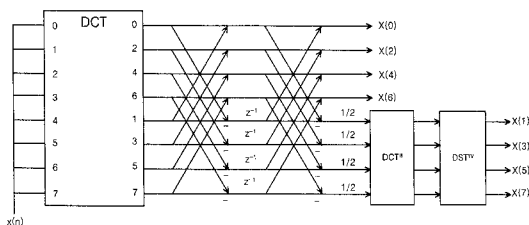


그림 3. Lapped transform의 블록도 (블록 크기가 8이고 중첩된 블록 크기가 16인 경우)

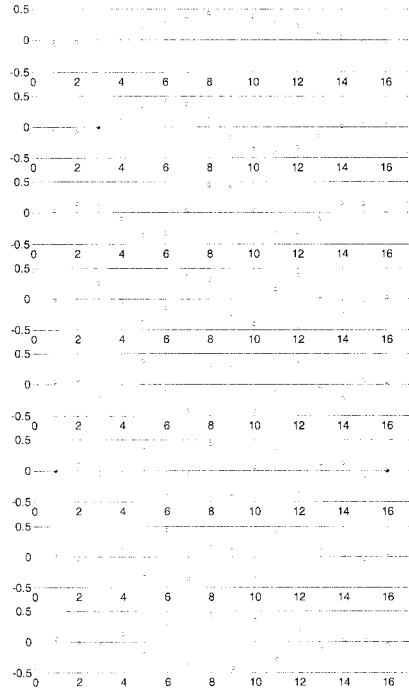


그림 4. Lapped transform의 basis (블록 크기가 8이고 중첩된 블록 크기가 16인 경우)

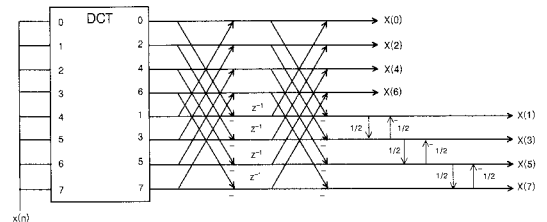


그림 5. LiftLT의 블록도 (블록 크기가 8이고 중첩된 블록 크기가 16인 경우)

해 제안된 기법이 LiftLT 기법이다⁸⁾. LiftLT 기법은 기존의 lapped transform과 같이 블록의 두 배만큼을 변환하는 기법인데 그림 5에 도시 한 바와 같이 DCT는 동일하게 수행하고 DCT-II, DST-IV를 lifting 기법으로 대체하였다. Lapped transform에 비해서 연산량이 줄기 때문에 전체 구조의 복잡도를 줄일 수 있다.

DVC 시스템의 복호기를 그림 1에서 살펴보면 Wyner-Ziv 프레임의 추정치인 부가 정보를 생성하기 위하여 기존의 H.264 intra frame 부호화 기법을 이용하여 부호화된 key 프레임을 전송받아서 움직임 추정 및 보상 보간한다. 기존의 key 프레임 부호화를 위한 양자화 파라미터는 Wyner-Ziv 프레임의 양자화 테이블에 따라서 달라지는데 보통 복호기에서 최종적으로 부호화한 Wyner-Ziv 프레임과 key 프레임 간의 PSNR의

평균을 비슷하게 맞춰 주도록 양자화 파라미터를 정한다. 이러한 기법을 이용하면 key 프레임을 부호화할 때 영상의 화질이 급격히 변하면 Wyner-Ziv 프레임과 key 프레임간의 PSNR 성능의 차이가 크게 나타난다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 key 프레임의 양자화 파라미터를 적응적으로 찾는 방법을 사용하였다. 이 기법은 원 Wyner-Ziv 프레임의 양자화 테이블을 이용하여 양자화한 Wyner-Ziv 프레임과 원 Wyner-Ziv 프레임간의 MSE를 구하여 Wyner-Ziv 프레임과 비슷한 화질을 갖도록 key 프레임의 양자화 파라미터를 구하는 기법이다. 이 기법을 적용하여 key 프레임의 양자화 파라미터를 적응적으로 변경하여 key 프레임을 부호화 한다.

Lapped transform을 DVC 시스템에 효율적으로 적용하기 위해서는 블록을 겹쳐서 변환하는 특성과 일치하는 부가 정보 생성 방식이 필요하다. 기존의 부가 정보 생성 기법은 블록 별로 움직임 추정 및 보상 보간을 하기 때문에 블록 현상이 발생할 수 있다. 블록 현상을 줄여주기 위해서 제안된 기법이 중첩된 블록간의 움직임 보상을 하는 OBMC (overlapped block motion compensation) 기법이다^[4]. 제안하는 시스템에서는 움직임 보상 뿐만 아니라 움직임 추정에서도 중첩된 블록을 이용하는 기법인 OBMC를 이용하였다. 그림 6에서 보는 바와 같이 OBMC는 움직임 추정을 통해 찾은 움직임 벡터를 적용하여 움직임 보상을 할 때 현재 블록과 인접한 다른 블록의 값을 함께 이용하는 기법이다.

OBMC를 적용할 때 움직임 벡터가 가리키는 블록에 블록 크기의 두 배로 윈도우를 씌어 움직임 보상 보간을 한다. Raised cosine window를 적용한 후 OBMC를 하면 기존의 블록 단위의 움직임 보간 기법에 비해 블록 현상이 줄어들는데 식 (8), (9)에 raised cosine window를 제시하였다.

$$w(x,y) = w(x) \cdot w(y) \tag{8}$$

$$w(x) = \frac{1}{2} \left[1 - \cos \frac{\pi(x + \frac{1}{2})}{16} \right], x = 0, \dots, 31 \tag{9}$$

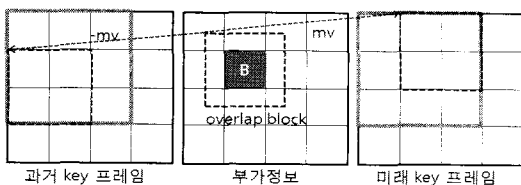


그림 6. OBMC의 블록도

식(9)는 블록 크기가 16이고 중첩된 블록의 크기가 32일 경우의 raised cosine window이다. OBMC에서 사용하는 블록의 크기는 lapped transform과 일치하여 부가 정보의 상관잡음 모델링의 정확성을 높인다.

움직임 추정을 위해서 사용하는 기법은 기존의 양방향 움직임 추정을 이용하는데 움직임 추정에서부터 중첩된 블록을 적용하는 과정이 필요하다. 기존의 양방향 움직임 추정 방식을 이용하면서 OBMC에서와 마찬가지로 블록 크기의 두 배인 크기 2M인 블록에 raised cosine window를 적용하여 SAD를 구한 후 그 값이 최소가 되는 지점을 움직임 벡터로 찾는다. 이때의 SAD는 중첩된 블록에 대해서 구해야 하므로 블록 크기는 식 (1)의 차이의 합을 구하는 식에서 M을 2M으로 변경한 후 SAD를 구한다.

움직임 추정을 할 때 검색 영역과 블록의 크기 또한 부가 정보의 성능에 영향을 미친다. 움직임이 작은 영상에서는 작은 크기의 검색 영역 안에서 해당 블록의 움직임 벡터를 찾을 수 있지만, 움직임이 큰 영상에서는 작은 크기의 검색 영역 안에 움직임 벡터가 없을 경우 잘못된 움직임 벡터를 찾을 수 있다. 또한 큰 검색영역 안에서 작은 블록 크기로 움직임 추정을 하게 되면 잘못된 움직임 벡터를 찾을 수도 있다. 이러한 문제를 보완하기 위하여 제안된 기법이 가중치를 둔 미디언 필터(weighted median filter : WMF)를 이용하여 움직임 벡터를 보정하는 것이다^[9]. 식 (10)~(12)에 WMF를 사용하여 움직임 벡터를 보정하는 방법을 제시하였다.

$$WMSE = \sum_{j=1}^N w_j \| x_i - x_j \| \tag{10}$$

$$w_j = \frac{MSE(x_i, B)}{MSE(x_j, B)} \tag{11}$$

$$MSE = \frac{1}{M \times M} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{M-1} [f_{n+1}(i, j) - f_{n-1}(i, j)]^2 \tag{12}$$

움직임 벡터를 보정하고자 하는 블록에 인접한 블록들의 움직임 벡터를 후보 벡터라고 하는데, 식 (10)의 x_i 는 현재 블록의 후보 벡터 중 하나의 움직임 벡터이고, x_j 는 x_i 를 제외한 후보 벡터들이다. 식 (11)의 w_j 는 식 (10)의 값을 구할 때 쓰이는 값으로 현재 블록에 대해서 x_i 와 x_j 를 적용했을 때의 가중치이다. 식 (10)의 값이 최소가 되는 벡터로 현재 블록의 벡터를 보정한다.

WMF 기법을 적용할 때도 움직임 추정과 마찬가지로 블록 크기의 두 배인 raised cosine window를 적용하여 움직임 벡터를 보정한다.



그림 7. OBMCI 기법의 흐름도

제안하는 시스템에서는 Wyner-Ziv 프레임에 lapped transform을 사용하여 변환하므로 상관 잡음 모델링을 할 때도 DCT로 변환한 값 대신 lapped transform한 값을 사용한다. 그러므로 식 (4)와 (7)의 값을 구할 때 차분 값을 구한 후에 lapped transform을 적용하여 변환 후 $T(x,y)$ 를 구한다. 그 후에 밴드별, 계수별로 α 값을 구하여 상관 잡음 모델링을 한다. 이때 부가 정보를 구할 때 OBMCI를 이용하면 움직임 보상 보간을 위한 블록 크기가 lapped transform에 사용되는 블록 크기와 일치하므로 정확한 상관잡음 모델링을 할 수 있다.

IV. 성능평가

제안하는 DVC 시스템의 성능평가를 위해서 프레임률이 30Hz인 QCIF급의 다양한 표준 동영상을 이용하여 짝수 번째 key 프레임은 H.264 방식으로 부호화한 후 전송하고 홀수 번째 프레임은 Wyner-Ziv 프레임으로 부호화하여 DVC 시스템의 부호화 성능을 측정하였다. Lapped transform을 사용하면 DCT를 사용한 경우에 비해서 압축 효율이 좋아지고 CIF급 영상은 QCIF급 영상에 비해서 압축 효율에 영향을 더 많이 받기 때문에 CIF급 표준 동영상에 대해서도 제안하는 시스템이 우수한 성능을 보일 것으로 예상된다. 변환 기법들의 성능을 확인하기 위하여 식 (13)의 부호화 이득을 구하여 각 변환 기법들을 비교하였다. 변환계수들에 대해서 각 밴드별로 묶어서 각 밴드의 평균과 제곱의 평균으로 분산을 구하여 최종적으로 부호화 이득을 구한다⁷⁾.

$$G_{TC} = \frac{\frac{1}{M^2} \sum_{i=1}^{M^2} \sigma_i^2}{\left(\prod_{i=1}^{M^2} \sigma_i^2 \right)^{\frac{1}{M^2}}} \quad (13)$$

부호화 이득은 변환계수들에 대해서 각 밴드별로

분산의 산술평균과 기하평균을 이용하여 구할 수 있는데, 식 (13)의 분모인 기하평균이 작을수록 부호화 이득이 높다. 기하평균이 작다는 의미는 에너지 집중도가 크다는 것을 의미하고 저주파 계수로의 에너지 집중도가 커질수록 압축 부호화 효율이 좋아진다.

표 1에 다양한 변환 기법들의 부호화 이득을 제시하였다. 표 1은 Foreman과 Coastguard 영상의 100개의 프레임에 대한 부호화 이득을 나타낸 것이다. Lapped transform으로 변환하였을 때의 부호화 이득이 두 영상 모두에서 가장 높게 나타난 것을 확인할 수 있다. Lapped transform의 복잡한 구조인 DCT와 DST를 lifting기법으로 구현한 LiftLT는 lapped transform보다는 낮은 부호화 이득을 보이고 있다. 그러나 LiftLT도 중첩된 블록을 사용하여 변환하므로 DCT보다 높은 부호화 이득을 보인다.

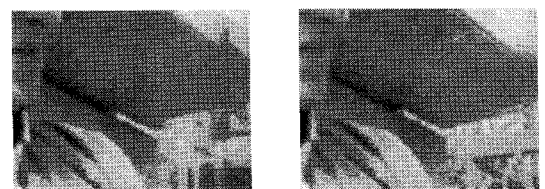
움직임 추정 및 보상 보간 시에 움직임 벡터의 보정을 위하여 WMF를 적용하였을 때의 보정되는 정도를 나타내기 위해서 그림 8에 중첩된 블록을 적용한 움직임 추정 및 보상 보간한 결과와 움직임 벡터를 보정한 결과 영상을 확대한 영상을 제시하였다.

움직임 벡터의 보정으로 WMF를 적용한 영상이 보정을 하지 않은 영상보다 PSNR 성능면에서 볼 때 2.33dB이상 이득이 있다. 시각적인 측면에서 볼 때 영상의 우측하단의 구조물 등이 보정되어 WMF를 적용하여 움직임 벡터를 보정 하였을 때 성능이 좋아지는 것을 확인할 수 있다.

표 2는 움직임 보간 기법의 성능을 비교한 것이다. 이때 이용한 영상은 단순한 움직임 보상 보간 기법들을 비교하기 위한 것이므로 원본 프레임을 이용하여 실험하였다. 표 2에서 MCI 기법은 블록 크기 M에 대

표 1. 다양한 변환 방법들의 부호화 이득 (QCIF급 영상, 30Hz)

	DCT	Lapped Transform	LiftLT
Foreman	15.89	18.58	17.28
Coastguard	12.92	15.62	14.73



(a) 움직임 추정 및 보상 보간한 Foreman 영상 (일부 확대) (b) 움직임 추정, 보정 후 보상 보간

그림 8. 움직임 추정 및 보상 보간한 Foreman 영상 (일부 확대) (a) 움직임 추정 및 보상 보간 (b) 움직임 추정, 보정 후 보상 보간

표 2. 일반 움직임 보상 보간과 OBMCI의 PSNR 성능 비교 (단위 : dB)

	MCI 기법	OBMCI 기법
Foreman (QCIF, 300)	36.041	36.438
Coastguard (QCIF, 300)	37.452	37.844
Stefan (QCIF, 100)	29.060	29.396
Average	34.186	34.559

한 움직임 추정으로 찾은 움직임 벡터를 WMF 기법을 이용하여 보정한 후 보정된 움직임 벡터를 적용하여 움직임 보상 보간 하였을 때의 부가 정보의 평균 PSNR 성능이다. OBMCI 기법은 MCI 기법과 동일하지만 각 과정에 대해서 중첩된 블록을 적용한 부가 정보 생성 기법의 PSNR 성능이다. 표 2에서 각 영상들의 PSNR을 살펴보면 블록 단위를 사용한 MCI 기법보다 중첩된 블록을 사용한 OBMCI 기법이 3개 영상의 평균 PSNR 성능 비교에서 0.37dB 정도 높은 성능을 보이는 것을 확인할 수 있다.

Lapped transform과 중첩된 움직임 추정 및 보상 보간 방식을 모두 적용하여 DVC 시스템에서 성능평가를 실시하였다. DVC 시스템의 성능평가를 위하여 원 Wyner-Ziv 프레임을 복호기에서 알고 있다고 가정 한 경우(offline)와 원 Wyner-Ziv 프레임을 복호기에서 알지 못하여 상관잡음을 추정 한 경우(online)에 대해서 각각 실험하였다. 성능평가에서 도식한 DVC 시스템의 R-D 그래프는 상관잡음 모델링을 계수단계에서 실행한 결과이다. 그림 9~11의 R-D 그래프는 DVC 시스템에서 보내는 key 프레임의 화질을 Wyner-Ziv 프레임과 비슷한 수준으로 맞춰주기 위해서 양자화 파라미터를 적응적으로 적용하는 기법으로

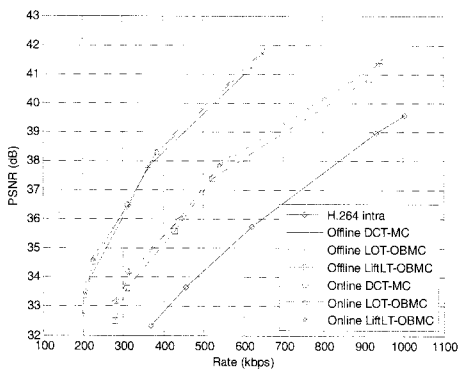


그림 9. Foreman(QCIF) 영상의 DVC 시스템에서의 R-D 성능 그래프 (key 프레임을 부호화한 경우)

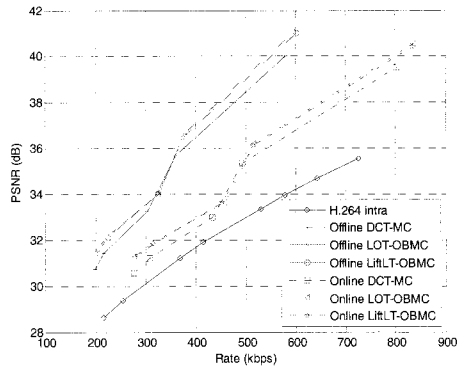


그림 10. Coastguard(QCIF) 영상의 DVC 시스템에서의 R-D 성능 그래프 (key 프레임을 부호화한 경우)

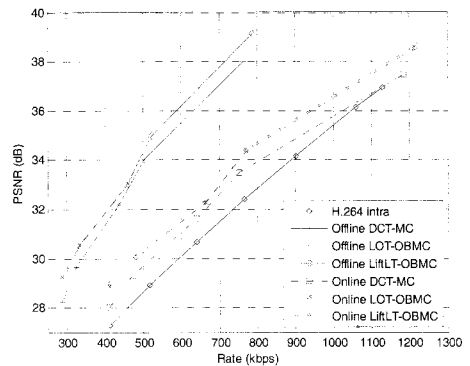


그림 11. Stefan(QCIF) 영상의 DVC 시스템에서의 R-D 성능 그래프 (key 프레임을 부호화한 경우)

key 프레임을 부호화하는 기법을 적용하였을 때의 결과이다.

그림 9의 Foreman 영상의 R-D 성능 그래프를 살펴보면 기존의 시스템에 비해서 제안하는 시스템이 offline과 online 모두에서 0.39~0.78 dB이상의 PSNR 성능 이득이 있는 것을 확인할 수 있다. 표 1에서 살펴본 것과 같이 부호화 이득이 가장 높은 lapped transform을 적용한 DVC 시스템의 성능이 가장 높고 lapped transform의 복잡한 구조를 lifting 기법으로 간단화한 LiftLT를 적용한 DVC 시스템이 중간 정도의 성능을 보이는 것으로 나타났다. 마지막으로서는 부호화 이득이 상대적으로 낮은 DCT를 적용한 DVC 시스템의 성능이 중첩된 블록을 적용한 변환 기법을 사용한 시스템에 비해서 낮게 나타났다.

그림 10의 Coastguard 영상과 그림 11의 Stefan 영상의 경우에도 Foreman 영상과 같이 offline, online 모두에서 제안하는 시스템에서 보다 좋은 성능을 보이고 있다.

DCT와 lapped transform으로 부호화한 DVC 시스템에서 복원된 영상을 비교하였다. Foreman 영상을 비교한 결과 DCT를 사용하여 부호화한 시스템의 복원된 영상은 그림 12에서 왼쪽 입술 끝과 왼쪽 턱 부분에서 블록 현상이 나타났지만 lapped transform을 이용하여 변환한 결과에서는 블록 현상이 많이 줄어든 것을 볼 수 있다. 그림 13에서 Coastguard 영상을 비교한 결과 DCT 기법을 사용하여 부호화한 시스템의 경우에 복원된 영상은 물결 부분에서 블록 현상이 나타난 반면, lapped transform을 이용한 시스템에서의 결과는 DCT를 이용하여 변환했을 때 나타난 블록 현상이 크게 줄어든 것을 확인할 수 있다. 그림 14의 Stefan 영상에서도 간판의 글자 'WA'의 윗부분에서

DCT 기법으로 변환한 결과의 영상에서는 블록 현상이 나타났지만 lapped transform 기법으로 부호화하여 복원한 영상에서는 블록 현상이 줄어든 것을 볼 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 lapped transform을 사용하고 OBMC로 움직임 보상 보간을 하는 DVC 시스템을 제안하였다. 기존의 동영상 부호화 시스템에서는 부호기에서 블록 단위로 움직임 추정 및 보상 보간을 하여 부호화 이득이 높은 변환 기법인 lapped transform을 사용하기 어려운 반면에 DVC 시스템에서는 부호기에서 블록 단위의 움직임 추정을 수행하지 않기 때문에 lapped transform을 시스템에 적용하기 용이하다. 제안하는 DVC 시스템의 복호기에서는 중첩된 블록 단위의 연산인 OBMC 기법으로 움직임 추정 및 보상 보간을 하여 부가 정보를 추정하여 전체 부호화 성능을 높이고 상관 잡음 모델링에서의 블록 크기를 lapped transform과 일치하도록 하였다. 제안하는 시스템이 기존의 시스템에 비해서 PSNR 성과 주관적인 화질 측면에서 모두 우수한 성능을 보이는 것을 모의실험을 통해서 확인하였다.

참고 문헌

- [1] C. Brites, F. Pereira, "Correlation noise modeling for efficient pixel and transform domain Wyner-Ziv video coding," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol.18, pp.1177-1190, Sept, 2008.
- [2] D. Slepian, J. Wolf, "Noiseless coding of correlated information source", *IEEE Trans. on Information Theory*, Vol.19, pp.471-480, Jul, 1973.
- [3] H. S. Malvar, "Lapped transforms for efficient transform/subband coding," *IEEE Trans. on Acoust., Speech, Signal Processing*, Vol.38, pp.969-978, Jun, 1990.
- [4] M. T. Orchard, G. J. Sullivan, "Overlapped block motion compensation : An estimation-theoretic approach," *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol.3, pp.693-699, Sept, 1994.
- [5] B. D. Choi, J. W. Han, C. S. Kim, and S. J. Ko, "Motion-compensated frame interpolation using bilateral motion estimation and adaptive



그림 12. 복원된 Foreman 영상 (QCIF, 일부확대, 양자화 테이블 3번을 사용한 경우) (a) DCT 변환을 사용한 기존의 부호화 시스템에서 복원한 영상 (b) Lapped transform을 사용한 제안하는 부호화 시스템에서 복원한 영상

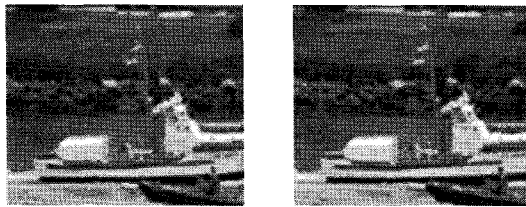


그림 13. 복원된 Coastguard 영상 (QCIF, 일부확대, 양자화 테이블 4번을 사용한 경우) (a) DCT 변환을 사용한 기존의 부호화 시스템에서 복원한 영상 (b) Lapped transform을 사용한 제안하는 부호화 시스템에서 복원한 영상

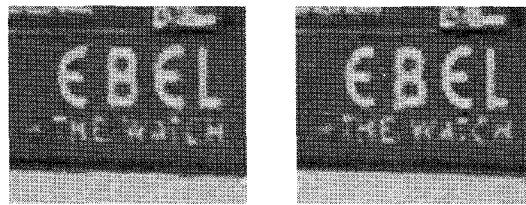


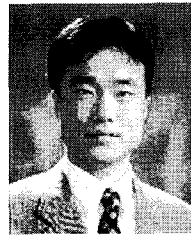
그림 14. 복원된 Stefan 영상 (QCIF, 일부확대, 양자화 테이블 3번을 사용한 경우) (a) DCT 변환을 사용한 기존의 부호화 시스템에서 복원한 영상 (b) Lapped transform을 사용한 제안하는 부호화 시스템에서 복원한 영상

overlapped block motion compensation”, IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, Vol.17, pp.407-416, Apr, 2007.

- [6] C. Brites, J. Ascenso and F. Pereira, “Studying temporal correlation noise modeling for pixel based Wyner-Ziv video coding,” IEEE Int. Conf, on Image Processing, pp.273-276, Oct, 2006.
- [7] H, S. Malvar, D. H. Staelin, “The LOT: Transform coding without blocking effects,” IEEE Trans. on Acoust., Speech, Signal Processing, Vol.37, pp.553-559, Apr, 1989.
- [8] T. D. Tran, “The LiftLT:Fast-lapped transforms via lifting steps,” IEEE Int. Conf, on Signal Processing, Vol.7, pp.145-148, Oct, 1999.
- [9] C. Brites, J. Ascenso and F. Pereira, “Improving transform domain Wyner-Ziv video coding performance,” in Proc. IEEE Int. Conf on Acoustics, Speech Signal Process., Toulouse, France, pp. II.525-528, May, 2006.

이창우 (Chang-woo Lee)

종신회원

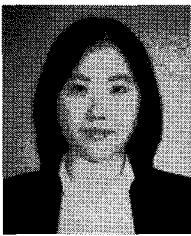


1988년 서울대학교 제어계측공학과(공학사)
 1990년 서울대학교 제어계측공학과 석사졸업
 1996년 서울대학교 제어계측공학과 박사(영상신호처리전공)
 현재 가톨릭대학교 정보통신전자공학부 교수

<관심분야> 영상 신호처리, 영상 통신

강수경 (Soo-kyung Kang)

준회원



2010년 8월 가톨릭대학교 정보통신전자공학부 학사 졸업
 2010년 9월~현재 가톨릭대학교 정보통신전자공학과 석사과정

<관심분야> 영상통신, 영상처리